

00684.003278.



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:

Chidane OUCHI

Application No.: 09/986,324

Filed: November 8, 2001

For: PROJECTION EXPOSURE APPARATUS
AND DEVICE MANUFACTURING
METHOD USING THE SAME

Examiner: Unassigned

Group Art Unit: 2851

March 7, 2002

RECEIVED
MAR - 8 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

In support of Applicant's claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is a
certified copy of the following foreign application:

JAPAN 2000-344525, filed November 10, 2000.

Applicant's undersigned attorney may be reached in our Washington, D.C., office by
telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address
given below.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicant

Steven E. Warner

Registration No. 33,326

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO

30 Rockefeller Plaza

New York, New York 10112-3801

Facsimile: (212) 218-2200

SEW/eab

RECEIVED
APR 25 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

U.S. Appln. No.
09/986,324

CFE 3278 US (1/1)

344525 / 2000

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年11月10日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-344525

出 願 人

Applicant(s):

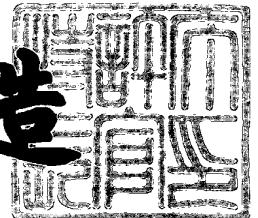
キヤノン株式会社

RECEIVED
MAR-8 2002
TECHNOLOGY CENTER 2800

2001年11月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3105268

【書類名】 特許願

【整理番号】 4355022

【提出日】 平成12年11月10日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01S 3/034

【発明の名称】 投影露光装置及びデバイス製造方法

【請求項の数】 11

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会
社内

 【氏名】 大内 千種

【特許出願人】

 【識別番号】 000001007

 【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

 【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

 【識別番号】 100086818

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 高梨 幸雄

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 009623

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9703877

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 投影露光装置及びデバイス製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 連続発振するエキシマレーザからの所定波長のレーザ光で照明したレチクルのパターンを投影光学系により基板上に投影する投影露光装置において、前記投影光学系は実質的に単一の硝材より成るレンズ系で構成しており、前記連続発振エキシマレーザの共振器に前記所定波長の光を注入するレーザを設けたことを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】 前記レーザは、パルス発振エキシマレーザであり、前記パルス発振エキシマレーザからの光の波長を波長計で検出し、該波長計からの信号に基づいて、前記パルス発振エキシマレーザからの波長が前記所定波長となるように前記パルス発振エキシマレーザの共振器内の狭帯域化素子を駆動することを特徴とする請求項 1 に記載の投影露光装置。

【請求項 3】 前記連続発振エキシマレーザからの前記レーザ光の波長を波長計で検出し、該波長計からの信号に基づいて、前記連続発振エキシマレーザからの前記レーザ光の波長が前記所定波長となるように前記パルス発振エキシマレーザの共振器長を変化させる手段を有することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の投影露光装置。

【請求項 4】 前記共振器長を変化させる手段は、前記共振器の鏡を変位させる手段及び/又は励起用ガスの圧力を変える手段を有することを特徴とする請求項 3 に記載の投影露光装置。

【請求項 5】 前記レチクルを矩形又は円弧スリット状の光束で照明し、前記スリット状光束及び前記投影光学系に対して前記レチクルと前記基板を走査することにより前記レチクルのパターンで前記基板を露光することを特徴とする請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

【請求項 6】 前記レーザ光の波長スペクトルの半値幅は 0.1pm 以下であり、線幅 $0.13\mu\text{m}$ の像を形成可能であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の投影露光装置。

【請求項 7】 前記レーザ光の波長スペクトルの波長幅は 0.08pm 以下であり

、線幅 $0.09\mu\text{m}$ の像を形成可能であることを特徴とする請求項6に記載の投影露光装置。

【請求項8】前記エキシマレーザはArFエキシマレーザであり、前記硝材はSiO₂であることを特徴とする請求項6または請求項7に記載の投影露光装置。

【請求項9】前記エキシマレーザはF₂エキシマレーザであり、前記硝材はCaF₂またはBaF₂またはMgF₂であることを特徴とする請求項6～8のいずれか1項に記載の投影露光装置。

【請求項10】前記レンズ系は10枚以上のレンズを含み、前記基板側から数えて1～2枚はCaF₂またはBaF₂またはMgF₂であることを特徴とする請求項8に記載の投影露光装置。

【請求項11】請求項1から10のいずれか1項に記載の投影露光装置を用いてデバイスパターンで基板を露光する段階と、該露光した基板を現像する段階とを含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、投影露光装置及びデバイス製造方法に関し、例えばICやLSI等の半導体デバイスやCCD等の撮像デバイスや液晶パネル等の表示デバイスや磁気ヘッド等のデバイスを製造するためのフォトリソグラフィ工程でレチクル上のパターンを感光性の基板上に連続発振するエキシマレーザを光源手段として用い投影露光する際に好適な投影露光装置及びデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体デバイスや液晶パネル等のデバイスをフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際の光源手段として

連続発振するエキシマレーザを用いた投影露光装置が特開平10-163547号公報に記載されている。

【0003】

同公報ではレチクルを照明する照明光学系に回転拡散板を使用してスペックルパターンを除去するインコヒーレント化系を搭載することを示唆している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、同公報は、レチクルの回路パターンを投影する投影光学系にどのような構成を採るべきか示していない。

【0005】

連続発振エキシマレーザは波長スペクトルの半値幅が1 p m以下と非常に狭いので、投影光学系を単一の硝材より成る単色の（色収差補正をしない）レンズ系とすることが考えられる。しかしながらエキシマレーザからのレーザ光は波長スペクトル（波長）が変動する特性があるので、単色のレンズ系を用いると、波長スペクトルの変動に伴うレンズ系の光学特性（倍率、焦点位置、収差等）の変動が生じ、レチクルの回路パターンをウエハ上に正しく投影することができないという問題がある。

【0006】

とくに連続発振エキシマレーザは発振開始時から発振波長が設計値に一致するとは限らないという深刻な問題があった。

【0007】

本発明の目的は、連続発振エキシマレーザの発振波長を発振開始時から設計波長と一致させることができる投影露光装置及びデバイス製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本願第1発明は、連続発振するエキシマレーザからの所定波長のレーザ光で照明したレチクルのパターンを投影光学系により基板上に投影する投影露光装置において、前記投影光学系は実質的に単一の硝材より成るレンズ系で構成しており、前記連続発振エキシマレーザの共振器に前記所定波長の光を注入するレーザを設けたことを特徴とする。

【0009】

また、本願第2発明は、第1発明において、前記レーザは、パルス発振エキシマレーザであり、前記パルス発振エキシマレーザからの光の波長を波長計で検出し、該波長計からの信号に基づいて、前記パルス発振エキシマレーザから光の波長が前記所定波長となるように前記パルス発振エキシマレーザの共振器内の狭帯域化素子を駆動することを特徴とする。この狭帯域化素子により、前記パルス発振エキシマレーザから光の波長スペクトルの半値幅は1 pm以下になっている。

【0 0 1 0】

また、本願第3発明は、第1及び第2発明において、前記連続発振エキシマレーザからの前記レーザ光の波長を波長計で検出し、該波長計からの信号に基づいて、前記連続発振エキシマレーザからの前記レーザ光の波長が前記所定波長となるように前記パルス発振エキシマレーザの共振器長を変化させる手段を有することを特徴とする。

【0 0 1 1】

また、本願第4発明は、第3発明において、前記共振器長を変化させる手段は、前記共振器の鏡を変位させる手段及び/又は励起用ガスの圧力を変える手段を有することを特徴とする。

【0 0 1 2】

また、本願第5発明は、第1～第4発明において、前記レチクルを矩形又は円弧スリット状の光束で照明し、前記スリット状光束及び前記投影光学系に対して前記レチクルと前記基板を走査することにより前記レチクルのパターンで前記基板を露光することを特徴とする。

【0 0 1 3】

また、本願第6発明は、第1～第5発明において、前記レーザ光の波長スペクトルの半値幅は0.1 pm以下であり、線幅0.13 μm の像を形成可能であることを特徴とする。

【0 0 1 4】

また、本願第7発明は、第6発明において、前記レーザ光の波長スペクトルの波長幅は0.08 pm以下であり、線幅0.09 μm の像を形成可能であることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

また、本願第8発明は、第7発明において、前記エキシマレーザはArFエキシマレーザであり、前記硝材は SiO_2 であることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

また、本願第9発明は、第6～第8発明において、前記エキシマレーザは F_2 エキシマレーザであり、前記硝材は CaF_2 または BaF_2 または MgF_2 であることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

また、本願第10発明は、第8発明において、前記レンズ系は10枚以上のレンズを含み、前記基板側から数えて1～2枚は CaF_2 または BaF_2 または MgF_2 であることを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

また、本願第11発明は、請求項1から7のいずれか1項に記載の投影露光装置を用いてデバイスパターンで基板を露光する段階と、該露光した基板を現像する段階とを含むことを特徴とするデバイス製造方法である。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】

図1は、本発明の投影露光装置の実施形態1を示す概略図である。本実施形態は半導体素子、液晶素子、撮像素子或いは磁気ヘッドなどのデバイスを製造する際に使用する、ステップ&スキャン型の走査型投影露光装置（解像度 $0.13\mu\text{m}$ 以下）に適用した場合を示す。

【 0 0 2 0 】

図1において、1は連続発振するArFエキシマレーザ（中心波長 193nm 、半値幅 0.2m 以下、好ましくは 0.1p m 以下）、5はハーフミラー（半透過鏡）、2はレーザ1からのレーザ光で回路パターンが形成されたレチクルReを照明する照明光学系、3はレチクルReの回路パターンの縮小像をウエハW上に縮小投影する投影光学系で、実質的に単一の硝材より成るレンズ系で構成してある。4はウエハWを保持して動く可動ステージを示す。

【 0 0 2 1 】

図 1 の投影露光装置は、ウエハ W 上の各ショット領域に対し、レチクル R e を断面形状が矩形または円弧のスリット状の照明光で照明し、この照明光のスリット状断面の幅方向に関して、レチクル R e とウエハ W を、投影光学系 3 の光軸と直交する方向に、互いに逆向きに、投影光学系 3 の投影倍率と速度比で走査することにより、レチクル R e の回路パターンをウエハ W のショット領域に投影露光する。

【 0 0 2 2 】

本実施形態の投影露光装置は、連続発振エキシマレーザ 1 にパルス発振 A r F エキシマレーザ（中心波長 1 9 3 n m、半値幅 1 p m 以下） 1 0 から出力されるパルス光を注入して連続発振エキシマレーザ 1 の発振波長を該パルス光の発振波長に一致させる機構を有する。このような手法を注入同期法 (injection lock) という。

【 0 0 2 3 】

連続発振エキシマレーザ 1 では、発振開始後発振波長が設計値（通常、光学系を設計する際の波長と同一）に一致するまでに時間がかかったり、最悪の場合には設計値に一致しなかったりする。しかしながら、この注入同期法を用いて、連続発振エキシマレーザ 1 に、その設計波長と発振波長が同じでバンド幅が 1 p m 以下に狭帯域化されたパルス発振エキシマレーザ光を注入することで、連続発振エキシマレーザ 1 の発振波長を設計波長である 1 9 3 n m に発振開始時から一致させることができる。

【 0 0 2 4 】

パルス発振エキシマレーザ 2 0 1 から出力されるレーザ光の一部は半透過鏡 2 0 3 で反射して波長モニタ 2 0 4 に入射する。波長モニタ 2 0 4 はパルスレーザ光の波長を検出して演算器 2 0 2 に提供する。演算器 2 0 2 は、波長モニタ 2 0 4 の出力に基づいて、設計波長からのパルスレーザ光の現在の中心波長のずれ量を検出し、このずれ量に基づいてパルス発振エキシマレーザ 2 0 1 内の狭帯域化素子（例えば、プリズム、回折格子またはエタロン）を駆動することにより、パルス発振エキシマレーザ 2 0 1 の中心波長を設計波長である 1 9 3 n m に一致させる。したがって、中心波長が 1 9 3 n m に維持されたパルスレーザ光が連続発

振エキシマレーザ 1 に注入される。この注入時に連続発振エキシマレーザ 1 の波長安定化機構（5，6，7，9）を作動させるにより連続発振エキシマレーザ 1 の中心波長は素早く設計波長である 193 nm に一致する。また、その後は、連続発振エキシマレーザ 1 を再起動するまでは、注入同期を行う必要はない。注入同期を止めても、波長安定化機構（5，6，7，9）が作動していれば、連続発振エキシマレーザ 1 から出力されるレーザ光の中心波長は一定に維持され、単色のレンズ系である投影光学系 3 において連続発振エキシマレーザ 1 からのレーザ光の波長変動に基づく光学特性（倍率，焦点位置，収差）の変動が生じるのを防止し、レチクルの回路パターンを正確にウエハ W 上に投影することができる。

【0025】

また、波長安定化機構と光学特性補正手段の双方を設けないで、常に注入同期法により連続発振エキシマレーザ 1 にレーザ光を注入する形態とすることもできる。

【0026】

図 1 中、5 は半透過鏡、6 は半透過鏡 5 で反射されたレーザ光の一部の光を受光して、レーザ光の波長を検出する波長計（第 1 波長モニタ）、7 は波長計 6 の出力を受け、それが示す現在の中心波長の設計波長からのずれを検出し、このずれ量に基づいて、ピエゾ素子 9 を駆動する第 1 演算器 7 である。波長モニタ 6、第 1 演算器 7 そしてピエゾ素子 9 はレーザ 1 の発振波長を一定に維持する波長安定化手段の一要素を構成している。これら第 1 演算器 7 とピエゾ素子 9 によりレーザ 1 の共振用のミラーを光軸方向に微小変位させて共振器長を変えることによりレーザ 1 の発振波長を設計波長に一致させ、レーザ光の発振波長を一定に維持する。これにより、単色のレンズ系である投影光学系 3 においてレーザ光の波長変動に基づく光学特性（倍率，焦点位置，収差等）の変動が生じるのを防止でき、レチクル R e の回路パターンを正確にウエハ W 上に投影できる。

【0027】

又波長計 6 の出力が第 2 演算器 8 にも入力され、第 2 演算器 8 と各種補正手段によって、レーザ光の波長変動に伴う投影光学系 3 の光学特性の変化を補正できるようにしている。このような機構を有する場合、第 1 演算器 7 及びピエゾ素子

9による波長安定化手段の機構は有していなくてもよいが、双方の機構を有していて双方の機構を利用するようにしても構わない。

【 0 0 2 8 】

第2演算器8は、不図示の各種センサーの出力を評価して温度、湿度、気圧、レンズの発熱・放熱等によって変動する投影光学系3の光学特性（倍率，焦点位置，収差等）の変化を補正するものであり、例えば複数のレンズ、可動ステージ4を光軸方向に移動させたり、光学部材を偏心させたり、レンズ間の空気圧を変えたりして、光学特性の補正を行なう。本実施の形態においては、これらの補正手段以外にも公知の様々な光学特性補正手段が使用できる。

【 0 0 2 9 】

以上のように本実施形態によれば連続発振エキシマレーザ1は発振開始時に波長が設計波長に収束するのに時間がかかるので、この時に、図1に示す注入同期法を用いて収束時間を短縮している。

【 0 0 3 0 】

本発明によれば、解像度が $0.09\mu\text{m}$ 以下パターン像が得られる投影露光装置も達成できる。この場合、エキシマレーザ1として連続発振するF2エキシマレーザ（中心波長 157nm 、半値幅 0.1pm 以下、好ましくは 0.08pm 以下）を使用する。

【 0 0 3 1 】

図2は、図1の連続発振エキシマレーザ1の概略図である。101は、励起用のガスが封入され高速循環されるレーザチャンバ、103はマイクロ波をレーザチャンバに導入する誘電体、

104はマイクロ波を導波するマイクロ波導波管、

105は、マイクロ波を供給するマイクロ波発振源である。

【 0 0 3 2 】

106aは出力ミラーであるハーフミラー、106bはミラー、

106はミラーである。109はシャッター、110は、マイクロ波発振源105、シャッター109を制御する制御系である。ハーフミラー106aとミラー106bで、エキシマレーザ1の光共振器を構成している。

【 0 0 3 3 】

次に動作について説明する。

【 0 0 3 4 】

マイクロ波発振源 1 0 5 からのマイクロ波は、マイクロ波導波管 1 0 4 によって導波され、誘電体 1 0 3 を介してレーザチャンバ 1 0 1 内のエキシマレーザガスを連続励起する。励起されたエキシマレーザガスからの光は、ミラー 1 0 6 a , b で反射してレーザチャンバ 1 0 1 に戻り、励起されたエキシマレーザガスで誘導励起発光し、その光がハーフミラー 1 0 6 a とミラー 1 0 6 b で構成される光共振器（レーザ共振器）内を往復しながら順次誘導放出することにより、所定の波長の光のみが増幅する。そして、増幅された光の一部がハーフミラー 1 0 6 a 介して出力される。

【 0 0 3 5 】

図 3 は図 1 の照明光学系 2 の構成を示すブロック図である。図 3 の照明光学系 2 は、レチクルのパターンの種類（寸法や形状や構造）に応じて照明モード（有効光源の形状や大きさ）を選択できる、複数の照明モードを有する照明光学系である。

【 0 0 3 6 】

図 3 において、図 1 のエキシマレーザ 1 からのレーザ光は偏光制御系 2 1 によって少なくとも 2 光束に分割されて、例えば 2 光束の場合には、互いに偏光方向が直交する 2 光束になる。この 2 光束の合成された光であるレーザ光は断面強度分布均一化系 2 2 によってその断面の強度分布が均一化される。断面強度分布均一化系はフライアイレンズとレンズの組み合わせ及び光パイプ（カレイドスコープ）の少なくとも一方を含む。また、偏光制御系 2 1 は、例えば光分割用の偏光ビームスプリッタと光分割用の偏光ビームスプリッタを含む。

【 0 0 3 7 】

断面強度分布均一化系 2 2 からのレーザ光は、走査光学系 2 3 により、照明光学系 2 の瞳面にフォーカスされ、走査光学系 2 3 の 2 次元走査用の一枚若しくは二枚のガルバノミラーを駆動装置 2 4 で駆動して回動させることによって、照明光学系 2 の瞳面に形成したレーザ光スポットを走査し、瞳面に、予め決めた形状及

び大きさを持つ 2 次光源（有効光源）を形成する。この形状としては、円、有限の幅を持つ輪帯、四重極などがあり、この形状は、レチクル R e のパターンの種類や寸法に応じて自動的に或いは手動で選択される。走査光学系 2 3 からのレーザー光はマスクキングブレード結像系 2 5 を介してレチクル（不図示）に達し、レチクルを、上述した断面形状が矩形または円弧のスリット状に光で照明する。マスクキングブレード結像系 2 5 は、上記の瞳面の前方または後方にある、レチクルと光学的に共役な矩形または円弧のスリットを形づけるマスクキングブレードをレチクル上に結像するものである。

【 0 0 3 8 】

また、2 次元走査用の一枚若しくは二枚のガルバノミラーの光反射位置とレチクルの回路パターン位置とは光学的に共役な関係にあり、これらの関係にもとづき、ガルバノミラーの回動で順次生じる複数の 2 次光源像からの各光束をレチクルの同一領域に重畳して入射させることができる。

【 0 0 3 9 】

なお、照明光学系 2 の瞳面は投影光学系 3 の瞳面（開口絞りの）と光学的に共役な位置関係にあるので、照明光学系の瞳面での光強度分布は、実質的にそのまま、投影光学系 3 の瞳面に投影される。

【 0 0 4 0 】

図 4（A）は走査光学系 2 3 が 2 枚のガルバノミラーを有する場合の 2 枚のガルバノミラー GM 1、GM 2 の説明図である。

【 0 0 4 1 】

図 4（A）において、ガルバノミラー GM 1 は矢印の如く紙面内方向に振動し、ガルバノミラー GM 2 は紙面と垂直方向に振動し、これによって光軸に平行な平行光束 L L a を反射偏向して、平行光束として射出させ不図示の集光レンズ系を介して照明光学系の瞳面を光スポットで 2 次元的に走査して所望の形状の 2 次光源（有効光源）を形成する。

【 0 0 4 2 】

ガルバノミラー GM 1 の中心反射点 GM 1 a とガルバノミラー GM 2 の中心反射点 GM 2 a はレンズ系 L a 1、L a 2 によって略共役関係となっている。

【 0 0 4 3 】

図 4 (B) は、走査光学系が 1 枚のガルバノミラーを有する場合の一枚のガルバノミラー GM 3 の説明図である。図 4 (B) において、ガルバノミラー GM 3 は紙面内方向及び紙面と垂直な面内方向に振動することにより入射光束 LL a を反射偏向して不図示の集光レンズ系を介して照明光学系の瞳面上を 2 次元的に走査して 2 次光源 (有効光源) を形成する。

【 0 0 4 4 】

図 5 (A) ～ (D) は走査光学系 2 3 を用いて照明光学系の瞳面上に形成される 2 次光源 (有効光源) を示す説明図である。

【 0 0 4 5 】

図 5 (A) が示す円形の 2 次光源は通常照明に用いられるものであり、 σ 値 ($=$ 照明光学系の NA / 投影光学系の NA) が 0. 5 ～ 0. 7 程度となる大きさである。図 5 (B) が示す円形の 2 次光源は σ 値が 0. 3 ～ 0. 4 程度となる大きさを持つものであり、位相シフトマスクを用いた時などの小 σ 照明に用いられるものであり、図 5 (C) が示す輪帯状の 2 次光源は輪帯照明用のものであり、図 5 (D) が示す 4 重極の 2 次光源は 4 重極照明用のものである。

【 0 0 4 6 】

第 3 演算器 2 6 は、レチクル Re またはウエハ W の走査速度を V (mm / sec) 、レチクル上の照明光 (スリット) の幅を W (mm) 、瞳面に一回 2 次光源を描くに必要な時間を T (sec) とすると、

$$W / V = n T \quad (n \text{ は整数}) \quad \cdots (a)$$

を満たすように、ガルバノミラー駆動装置 2 4 を制御してレーザ光スポットを走査する。これにより、ウエハ上のショット領域全体が互いに同じ形状の有効光源を使って投影露光されることになり、露光の均一化が達成される。

【 0 0 4 7 】

図 6 は図 3 の走査光学系 2 3 とマスキングブレード結像系 2 5 の位置関係を示す図である。

【 0 0 4 8 】

図 6 において、連続発振エキシマレーザ 1 からの光束は、偏光制御系 2 1 や断

面強度分布均一化系 2 2 を介し走査光学系 2 3 に入射し、走査光学系 2 3 とレンズ系 1 1 1 を介して、面 1 1 3 上に 2 次光源（有効光源） 1 1 2 を形成する。

走査光学系は前述の式（a）を満足するように光スポットで照明光学系の瞳面を走査している。

【 0 0 4 9 】

2 次光源 1 1 2 からの光束はレンズ系 1 1 4 によって複数の可動ブレード（遮光部材）を有するマスキングブレード 1 1 6 をケーラー照明している。マスキングブレード 1 1 6 は 4 枚の可動ブレードの相対するエッジでスリット状の開口（幅 W_a mm）を形作っている。尚、レンズ系 1 1 4 がフライアイレンズを含む場合もある。

【 0 0 5 0 】

1 1 7 はコリメーターレンズであり、マスキングブレード 1 1 6 を通過した光束を集光している。

【 0 0 5 1 】

1 1 9 はリレーレンズであり、コリメーターレンズ 1 1 7 からの光束を集光してレチクル（マスク） 1 2 0 上を光照射し、その上にスリット状照明域（幅 W mm）を形成している。1 2 1 は投影光学系であり、レチクル 1 2 0 面上のパターンを半導体基板としてのウエハ 1 2 2 に縮小投影している。

【 0 0 5 2 】

本実施例において、マスキングブレード 1 1 6 とレチクル 1 2 0 は、コリメーターレンズ 7、リレーレンズ 1 1 9 よりなる光学系により略共役関係にある。また 2 次光源面 1 1 3 と投影光学系 1 2 1 の瞳面 1 2 2 とは略共役関係となるようにしている。

【 0 0 5 3 】

1 2 3 は移動制御系であり、レチクル 1 2 0 と半導体基板（ウエハ） 1 2 2 を不図示の駆動装置により投影光学系 1 2 1 の倍率と同じ比率で正確に一定速度で矢印方向に移動させている。

【 0 0 5 4 】

これにより、レチクル 1 2 0 上のパターンをウエハ 1 2 2 に走査露光している

【 0 0 5 5 】

図 7 は本発明に係る投影光学系 3 のレンズ構成の要部断面図、図 8 は図 7 の投影光学系の収差図である。図 8 において Y はウエハ W 面上での像高、S はサジタル像面、M はメリディオナル像面、NA は開口数を示す。

【 0 0 5 6 】

図 7 の投影光学系は、全てのレンズの材質が合成石英 (SiO_2) より成り、投影倍率は $1/4$ 倍であり、像側の開口数は $\text{NA} = 0.65$ 、物像間距離 (レチクルーウエハ W 間距離) は $L = 1000 \text{ mm}$ である。又、設計波長は 193 nm 、画面範囲はウエハ上での露光領域の直径は、 $\phi 27.3 \text{ mm}$ である。また、物体側 (レチクル側) 及び像面側 (ウエハ側) においてほぼテレセントリックになっている。表 1 に図 7 の投影光学系のレンズデータを示す。

【 0 0 5 7 】

尚、表 1 において、 r_i は物体側 (レチクル側) より順に第 i 番目の面の曲率半径、 d_i は物体側より順に第 i 番目のと第 $i + 1$ 番目のレンズ厚又は空気間隔、 n_i は物体側より順に第 i 番目のレンズの硝子の屈折率を示すものとする。非球面の形状は次式、

【 0 0 5 8 】

【数 1】

$$X = \frac{H^2 / r_i}{1 + \left(1 - (1 + k) \cdot \left(\frac{H}{r_i}\right)^2\right)^{\frac{1}{2}}} + A \cdot H^4 + B \cdot H^6 + C \cdot H^8 + D \cdot H^{10} + E \cdot H^{12} + F \cdot H^{14} + G \cdot H^{16} + \dots$$

【 0 0 5 9 】

にて与えられるものとする。ここに、X はレンズ頂点から光軸方向への変位量、H は光軸からの距離、 r_i は曲率半径、k は円錐定数、A, , G は非球面係数である。尚、露光波長 193 nm に対する石英の屈折率は 1.5602 である。又、非球面の局所曲率パワー PH は、上記非球面の式 X を X (H) の関数

として次式で与えられる。

【0060】

$$PH = (N' - N) / \rho$$

$$\text{但し、} \rho = (1 + X'^2)^{3/2} / X''$$

N、N'は各々屈折面の前後の媒質の屈折率である。

【0061】

図4の投影光学系は、レチクルRe側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群L1、負の屈折力を有する第2レンズ群L2、正の屈折力を有する第3レンズ群L3、負の屈折力を有する第4レンズ群L4、正の屈折力を有する第5レンズ群L5、負の屈折力を有する第6レンズ群L6、正の屈折力を有する第7レンズ群L7、により構成し、非球面を7面使用している。

【0062】

第1レンズ群L1は、像側（ウエハ側）に凸面を向けた平凸形状の非球面を有した正レンズ1枚により構成している。r2の非球面は局所曲率パワーの変化が正方向である領域を有しており、この非球面により、主に正の歪曲収差を発生させ、歪曲収差の補正に寄与している。

【0063】

第2レンズ群L2は、両凹形状（両レンズ面が凹形状）の非球面負レンズ1枚よりなる。r3の非球面は局所曲率パワーの変化が負方向である領域を有しており、又、レンズ群L1のr2との関係においては、局所曲率パワーの変化が逆方向の領域を有している。

【0064】

第3レンズ群L3は、物体側から順に、像側に凸面を向けた平凸形状の正レンズ、物体側に凸面を向けた略平凸形状の非球面正レンズ、よりなる。

【0065】

第4レンズ群L4は、物体側から順に、両凹形状の負レンズ、両凹形状の非球面を有する負レンズ、よりなる。r11の非球面は局所曲率パワーの変化が負方向である領域を有しており、又、レンズ群L1のr2との関係においては、局所曲率パワーの変化が逆方向の領域を有している。この非球面により、主に像面及

びコマ収差等をバランス良く補正することに寄与している。

【 0 0 6 6 】

第 5 レンズ群 L 5 は、物体側より順に、像側に凸面を向けた略平凸形状の正レンズ、両凸形状（両レンズ面が凸形状）の正レンズ、よりなる。

【 0 0 6 7 】

第 6 レンズ群 L 6 は、両凹形状の非球面の負レンズ 1 枚よりなる。この非球面により、主に強い負の屈折力により発生する球面収差やコマ収差を効果的に補正している。

【 0 0 6 8 】

第 7 レンズ群 L 7 は、物体側より順に、像側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ、両凸形状の非球面を有する正レンズ、物体側に凸面を向けた略平凸形状の正レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の 2 枚の正レンズ、像側に凹面を向けたメニスカス形状の負レンズ、物体側に凸面を向けたメニスカス形状の正レンズ、よりなる。この第 7 レンズ群 L 7 においては、物体面上の軸上から発した光束である軸上光束が高い位置において用いられている非球面は、主にこの強い正の屈折力を有する第 7 レンズ群にて発生する負の球面収差を補正するために用いられている。又、像面付近の凸面にて用いられている非球面は、主にコマ収差と歪曲収差をバランス良く補正するのに寄与している。

【 0 0 6 9 】

本投影光学系は、特に絞り S P 以前（レチクル側）に 5 面の非球面レンズを導入したことで、主に歪曲収差や非点収差、コマ収差等をバランス良く効果的に補正することができる。又、軸外主光線に影響の大きな面を非球面に設定して、軸外に関連した収差を主に補正するとともに他の収差補正の負担を軽減し、良好な光学性能を実現している。非球面レンズを 7 枚使用して、高開口数（高 N A）でありながら合計で 1 6 枚の光学系を達成している。

【 0 0 7 0 】

本発明に係る投影光学系の硝材として CaF_2 の他に BaF_2 、又は MgF_2 等も適用可能である。

【 0 0 7 1 】

図 7 の投影光学系は全てのレンズの材質が合成石英 (SiO_2) より成る単色のレンズ系であったが、例えば、図 7 の投影光学系の第 7 レンズ群 7 の最もウェハ側のレンズ 1 ~ 2 枚や不図示のカバーガラスを蛍石 (CaF_2) により、構成することで、レンズ系の耐久性を上げてもいい。本発明において、実質的に単一の硝材より成るレンズ系とは、このような少々別の硝材を使う場合も含む。

【 0 0 7 2 】

【外 1】

实例 1 >

i	ri	di	ni	Obj-distance= 64.400
1	0.000	21.483	1.56020	
2	-234.177	32.837		
3	-217.725	11.000	1.56020	
4	417.996	33.850		
5	0.000	22.468	1.56020	
6	-187.357	0.700		
7	146.365	26.864	1.56020	
8	2044.065	74.989		
9	-217.939	11.000	1.56020	
10	218.942	19.185		
11	-111.200	11.000	1.56020	
12	162.388	83.304		
13	4095.070	42.510	1.56020	
14	-165.000	0.700		
15	203.723	45.798	1.56020	
16	-760.044	82.340		
17	-193.459	11.000	1.56020	
18	188.694	20.034		
19	0.0(stop)	68.080		
20	-2875.458	19.965	1.56020	
21	-387.830	0.700		
22	366.325	37.399	1.56020	
23	-613.820	45.002		
24	243.386	40.478	1.56020	
25	-4311.737	0.700		
26	181.915	35.797	1.56020	
27	981.126	0.700		
28	119.183	27.705	1.56020	
29	256.810	9.045		
30	770.652	11.000	1.56020	
31	80.000	10.112		
32	122.097	47.000	1.56020	
33	275.295			

aspherical surfaces

i	K	A	B	C	D
2	0.000000e+000	-1.114212e-007	1.060175e-011	-7.279118e-016	4.276504e-020
3	0.000000e+000	-7.330288e-008	1.877977e-011	-1.654304e-015	1.154005e-019
7	0.000000e+000	1.794366e-008	-1.746620e-012	2.819556e-016	-1.250857e-020
11	0.000000e+000	-1.072701e-007	-1.342596e-012	7.030022e-016	5.449568e-020
17	0.000000e+000	-1.232061e-008	1.881593e-012	2.948112e-017	-2.584618e-021
23	0.000000e+000	5.143208e-009	1.895658e-013	-2.954221e-018	5.204719e-023
32	0.000000e+000	2.598613e-008	5.141410e-012	-1.743487e-016	4.963194e-020

i	E	F	G
2	-7.962637e-025	0.000000e+000	0.000000e+000
3	-1.636200e-024	0.000000e+000	0.000000e+000
7	4.866995e-025	0.000000e+000	0.000000e+000
11	5.143056e-023	0.000000e+000	0.000000e+000
17	1.229520e-026	0.000000e+000	0.000000e+000
23	-5.427645e-028	0.000000e+000	0.000000e+000
32	-1.947370e-023	0.000000e+000	0.000000e+000

【0 0 7 3】

また、共振器長を変える手段としては、ミラーを変位させるものの他に、励起用のガスの圧力を変化させるものもある。

【 0 0 7 4 】

また、本発明は半導体素子、液晶素子、撮像素子或いは磁気ヘッドなどのデバイスを製造する際に使用する、ステップ&リピート型の投影露光装置にも適用できる。

【 0 0 7 5 】

F_2 エキシマレーザを用いる場合にはレンズには、上記の材料のうち石英以外の材料(例えば CaF_2 のみ)を行う。

【 0 0 7 6 】

以下、本発明の投影露光装置用いた半導体デバイスの製造方法の実施形態を説明する。

【 0 0 7 7 】

図9は、本発明のデバイス（ICやLSI等の半導体チップ、或いは液晶パネルやCCD等）の製造方法のフローチャートである。これについて説明する。ステップ1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう、ステップ2（マスク製作）では設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、前記用意したマスク（レチクル）3とウエハ7と本発明の投影レンズとを用いてリソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）ではステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

【 0 0 7 8 】

図10は、上記ウエハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）ではウエハ表

面に絶縁膜を形成する。ステップ 1 3（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 1 4（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ 1 6（露光）では本発明の投影露光装置によってレチクルの回路パターンをウエハに投影露光する。ステップ 1 7（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ 1 8（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによってウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【 0 0 7 9 】

本実施形態の製造方法を用いれば、高集積度の半導体デバイスを容易に製造することができる。

【 0 0 8 0 】

【発明の効果】

本発明によれば連続発振エキシマレーザの発振開始時から発振波長を設計波長と一致させることができ、高スループットで投影露光ができる。この他影光学系に単色のレンズ系を用いても、レチクルのパターンを正確に基板上に投影することができる。

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 本発明の投影露光装置の実施形態 1 の要部概略図
- 【図 2】 図 1 の連続発振エキシマレーザとその周辺部の概略図
- 【図 3】 図 1 の照明光学系の要部ブロック図
- 【図 4】 本発明に係る照明光学系の走査系の一部分の説明図
- 【図 5】 本発明に係る照明光学系の瞳面での 2 次光源像の説明図
- 【図 6】 本発明の投影露光装置の照明光学系の走査系とレチクル上の照明領域を示す説明図
- 【図 7】 図 1 の投影光学系のレンズ系の要部断面図
- 【図 8】 図 1 の投影光学系のレンズ系の収差図

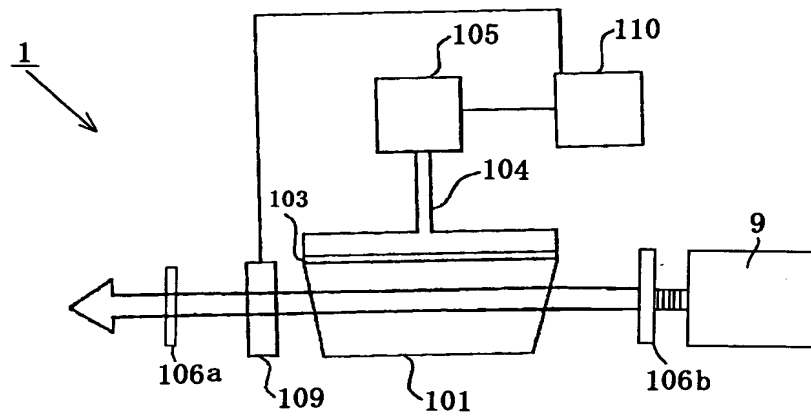
【図 9】 本発明のデバイス製造方法のフローチャート

【図 1 0】 本発明のデバイス製造方法のフローチャート

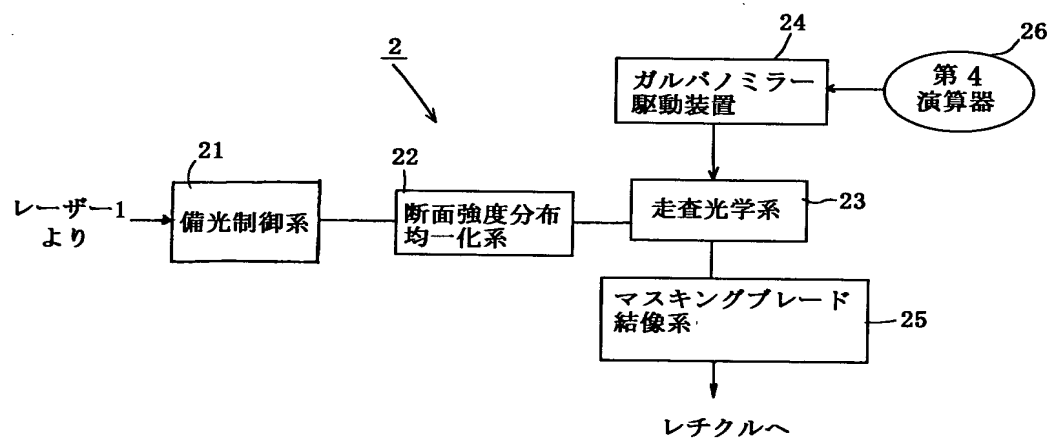
【符号の説明】

- 1 連続発振エキシマレーザ
- 2 照明光学系
- 3 投影光学系
- 4 可動ステージ
- 5 半透過鏡
- 6 第 1 波長モニタ
- 7 第 1 演算器
- 8 第 2 演算器
- 9 ピエゾ素子
- 2 0 1 パルス発振レーザ
- 2 0 3 ハーフミラー
- 2 0 4 第 2 波長モニター
- 2 0 2 演算器
- 1 0 1 レーザチャンバ
- 1 0 3 誘電体
- 1 0 4 マイクロ波導波管
- 1 0 5 マイクロ波発振源
- 1 0 6 b ミラー
- 1 0 6 a アウトプットミラー
- R e レチクル
- W ウエハ
- 2 1 偏光制御系
- 2 2 断面強度分布均一化系
- 2 3 走査光学系
- 2 4 ガルバノミラー駆動装置
- 2 5 マスキングブレード結像系

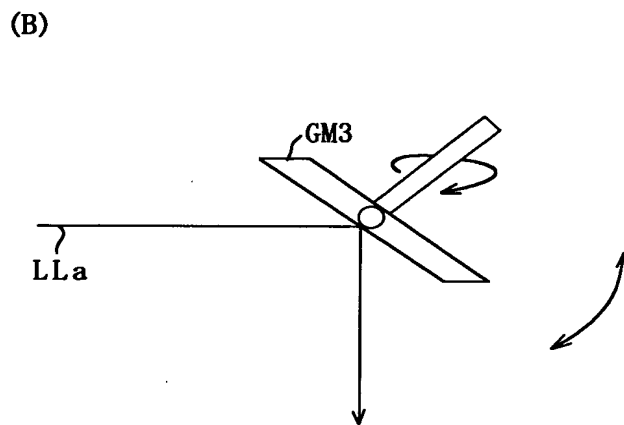
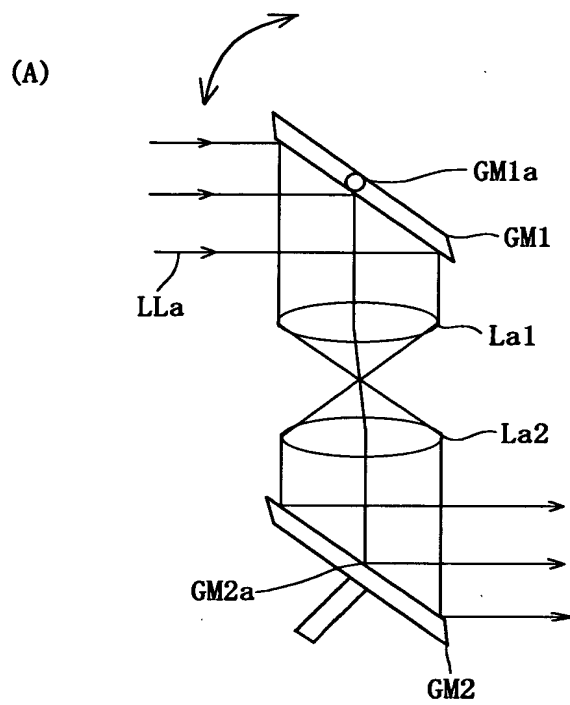
【図2】



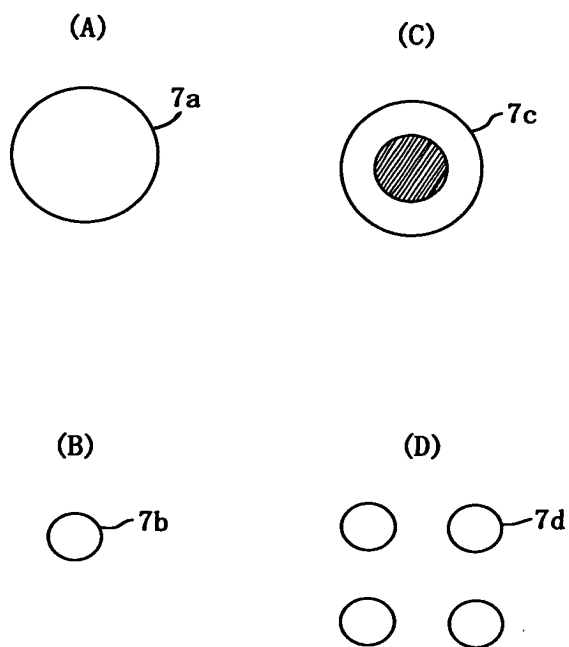
【図3】



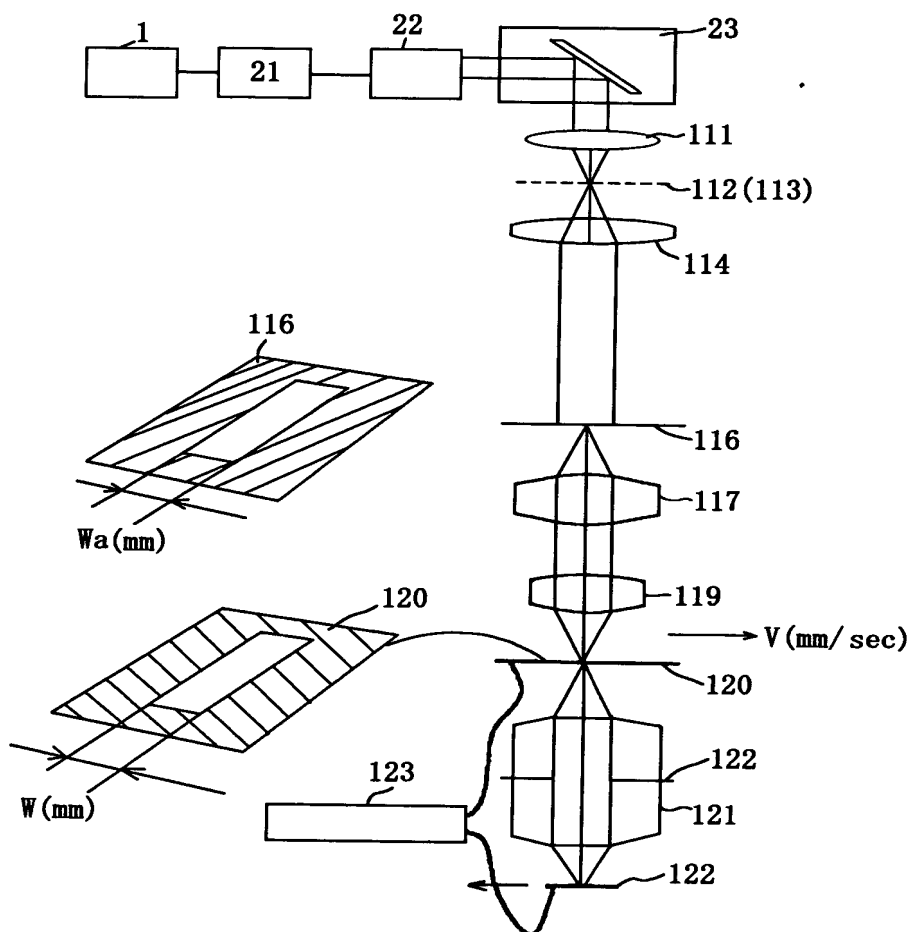
【図 4】



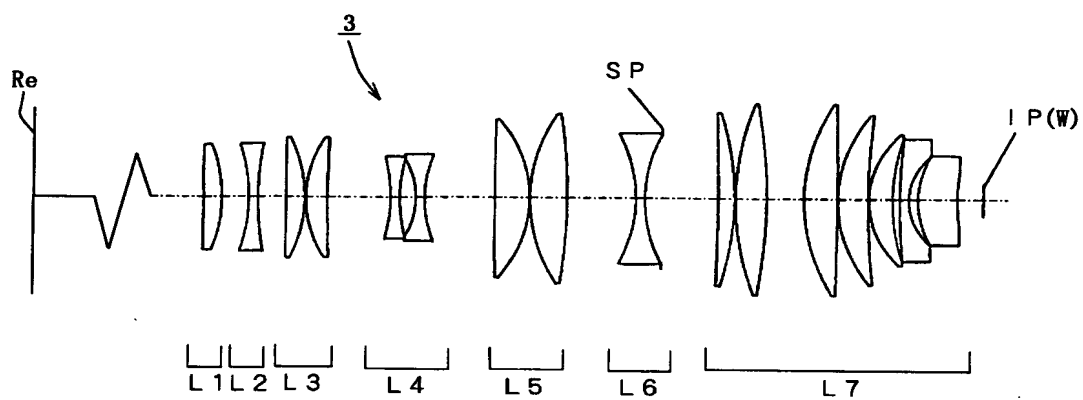
【図 5】



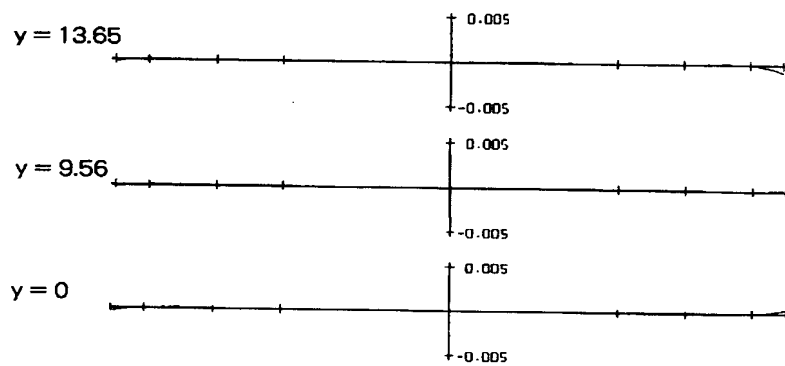
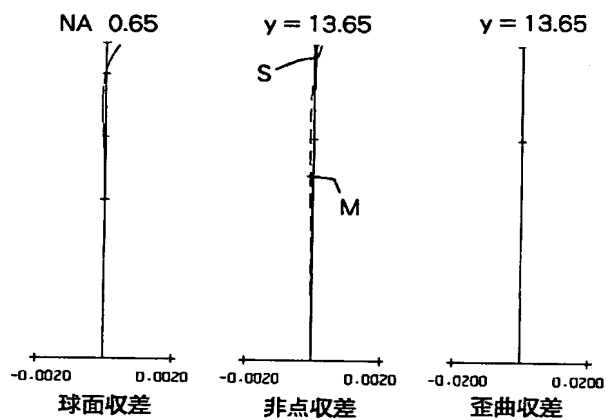
【図 6】



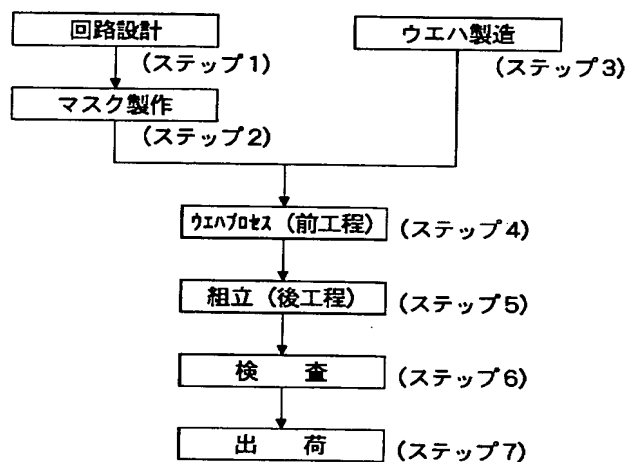
【図 7】



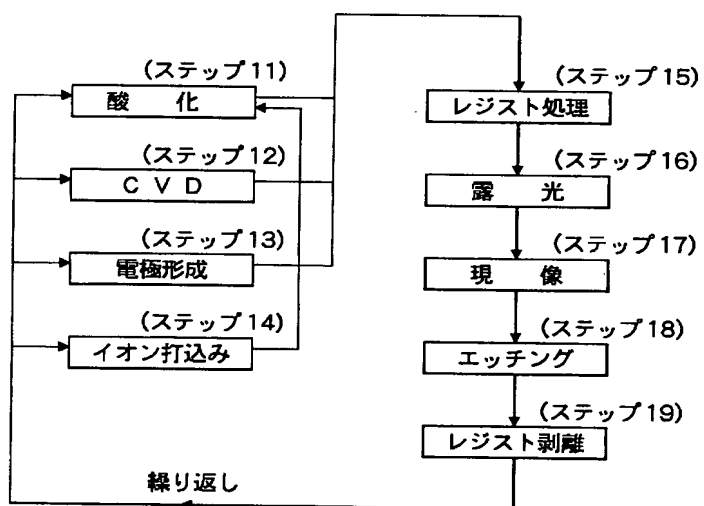
【图 8】



【図 9】



【図 1 0】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 スループットの向上を図りつつレチクルのパターンを正確に投影することができる投影露光装置及びそれを用いたデバイス製造方法を得ること。

【解決手段】 連続発振するエキシマレーザからのレーザ光で照明したレチクルのパターンを投影光学系により基板上に投影する投影露光装置において、前記投影光学系は実質的に単一の硝材より成るレンズ系で構成しており、前記連続発振エキシマレーザに、パルス光を注入同期させるパルス発振レーザを設けたこと

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名 キヤノン株式会社